

RANCANG BANGUN DAN UJI KINERJA *BLADELESS FAN* SEBAGAI PENDINGIN RUANGAN

Rudi Kusmawan¹, Roy Waluyo¹, Mamat Rahmat¹

¹ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Ibn Khaldun Bogor, Indonesia, 16162

ABSTRAK

Industri mulai mengembangkan kipas tanpa bilah yang disebut dengan *bladeless fan* yang menggunakan efek *air multiplier*. Teknologi *air multiplier* memanfaatkan *airfoil* yang berfungsi untuk menarik udara sekitar. *Airfoil* berfungsi untuk mengeluarkan udara dan melipatgandakan udara yang masuk menjadi beberapa kali lipat. Dalam penelitian ini *bladeless fan* menggunakan NACA 0012. Pada *bladeless fan* dilakukan pengujian untuk mendapatkan data *flow rate input* dan *output* untuk mengetahui seberapa besar kelipatan *flowrate* setelah melewati *bladeless fan*. *Flowrate input* didapatkan dengan cara mengukur kecepatan aliran dari keluaran kompresor dengan menggunakan rotameter sebanyak 10 kali. *Flowrate output* dengan cara mengukur keluaran dari *bladeless fan* menggunakan alat *air flowmeter* yang diambil datanya sebanyak 10 kali. Pengambilan data temperatur dan RH sebanyak 3 titik menggunakan termometer dan RH-meter digital. Hasil pengujian menunjukkan semakin besar *flowrate input* maka semakin besar *flowrate output* dan temperatur semakin tinggi. *Flowrate output* terkecil yaitu sebesar 160 L/s dengan temperatur output 24.20°C. *Flowrate output* terbesar yaitu 801 L/s dengan temperatur 19.1°C. Kelipatan aliran udara (*multiple airflow*) terbesar 11.4 m³/s pada laju aliran udara input 70 L/s dengan menghasilkan laju aliran udara 801 L/s. Kelipatan aliran udara terendah 8.0 m³/s pada laju aliran udara input 20 L/s dengan menghasilkan laju aliran udara output 160 L/s. Rata-rata kelipatan aliran udara adalah 10.1 m³/s.

Kata kunci : *airfoil*; *air multiplier*; *bladeless fan*

ABSTRACT

The industry developed a fan without blades called *Bladeless fans* using an *air multiplier* effect. *Air multiplier* technology uses an *airfoil* that functions to ambient air. *Airfoil* serves to eject air and multiply the incoming air into several times. In this research, the *bladeless fan* uses NACA 0012. A *bladeless fan*, a test performed to get input and output flow rate data to find out how much the multiple of the flow rate after passing the *bladeless fan*. *flow rate input* obtained by measuring the flow velocity of the compressor output using a rotameter ten times. The output flow rate by measuring the output of the *bladeless fan* using an *airflow meter* that taken ten times the data. Retrieval of temperature data and RH for 3 points using a thermometer and digital RH meter. The test results show the greater the input flow rate, the greater the output flow rate and the higher the temperature. The smallest output flow rate is 160 L/s with an output temperature of 24.20 °C. The largest output flow rate is 801 L / s with a temperature of 19.1 ° C. The multiple airflows are greatest at 11.4 m³/s at the input airflow rate of 70 L / s to produce an airflow rate of 801 L / s. The lowest multiple of airflow is 8.0 at the input airflow rate of 20 L / s to produce an output airflow rate of 160 L / s. The average multiple of airflow is 10.1 m³/s.

Keywords: *airfoil*; *air multiplier*; *bladeless fan*

* Mamat Rahmat

Email: m.rahmat@uika-bogor.ac.id

Diterima 08 Januari 2020; Penerimaan hasil revisi 23 Januari 2019; Disetujui 7 Februari 2020

Tersedia online Maret 2020

AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin © 2020

1. PENDAHULUAN

Bladeless fan merupakan kipas tanpa bilah yang dirancang menggunakan *airfoi*. *Bladeless fan* dilengkapi dengan celah kecil dibagian dalamnya untuk mengalirkan udara bertekanan mengarah kedepan yang mampu menarik udara sekitarnya kedalam lingkaran sehingga volume aliran udara yang mengalir meningkat. *Bladeless fan* dikembangkan oleh insinyur kebangsaan Inggris menggunakan prinsip Bernaoulli sehingga menghasilkan kipas yang berhembus lebih kencang tidak berisik dan perawatannya mudah. *Bladeless fan* pertama kali diproduksi pada tahun 1981 (Cong, 2002).

Fan terbagi menjadi 2 jenis, aksial dan radial. Namun, *bladeless fan* berbeda dari kipas umumnya, dalam aspek mekanisme. efek *impeller* yang diperbesar terhadap kinerja kipas radial. Secara eksperimen menunjukkan bahwa daya poros, kenaikan tekanan total, tingkat tekanan suara dan laju aliran meningkat, sementara efisiensi kipas berkurang dengan bilah yang lebih besar (Li Chunxi, et. al, 2011).

Penelitian tentang *bladeless fan* banyak dilakukan oleh para peneliti baik didunia maupun nasional. Jafari et. al. (2015) melakukan investigasi numerik terhadap *bladeless fan* menggunakan *finite volume methode* (FVM). *Fan* menggunakan profil *airfoil Eppler 473*, diameter 30 cm, *fan* diletakan dalam ruangan 4x2x2. Hasil penelitan menunjukkan peningkatan *inlet volume flow rate*, akan meningkatkan *outlet volume flow rate* secara linier. Rasio *outlet volume flow rate* terhadap *inlet* adalah 21 (Jafari, et.al, 2015).

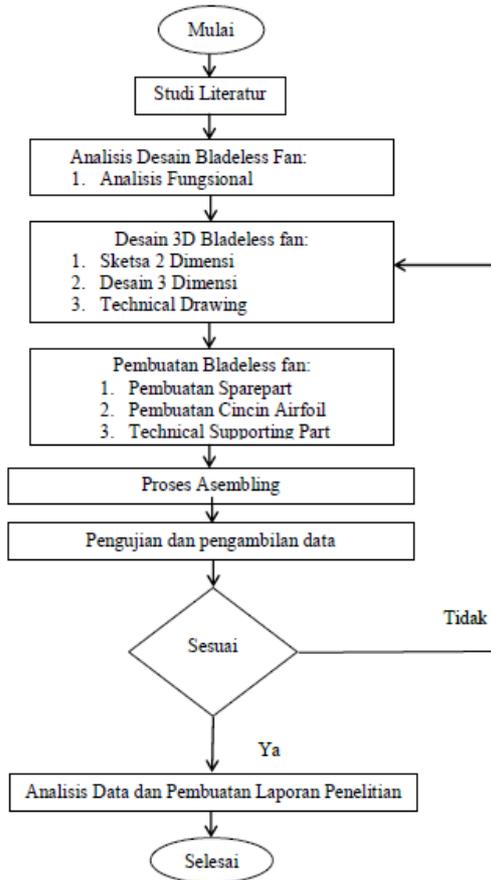
Simulasi *air multiplier* pernah dilakukan dengan menggunakan RNG k- ϵ model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa profil parameter aliran di bagian aliran *outlet* tidak seragam dan seluruh bidang kecepatan rata-rata dan tekanan simetris pada arah horizontal, bukan pada arah vertikal (HongLi & Hai-shun Deng, 2016). Simulasi CFD dengan aliran model *airfoil* tunggal dan model *airfoil* simetri. Dilakukan dengan mempertimbangkan perbedaan kecepatan induksi dan *interval airfoil* untuk mempelajari medan aliran dan perubahan laju induksi pada model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju induksi model *airfoil* tunggal dan model *airfoil* simetri membesar ketika kecepatan induksi meningkat, Ketika interval model *airfoil* simetri meningkat, maka laju induksi meningkat (Yaling Ye, et. al, 2016).

Bladeless fan dapat dipalिकासikan sebagai pendingin *engine* (Peng-cheng, Xiao-rui, Qiang, & Shi, 2016) atau pendingin PC (Demian, 2017). Simulasi *bldeless fan* sebagai pendingin *engine* dilakukan menggunakan perangkat lunak FLUENT untuk mendapatkan situasi aliran udara dan aliran massa menggunakan parameter panjang permukaan adhesi dan *dip angle* luar . Hasil menunjukkan bahwa suhu radiator turun 10 °C pada kecepatan udara masuk dengan 20 m/s (Peng-cheng, et al., 2016). sebagai pendingin PC, *Bladeless* dibuat dengan 3d printing. Karena keterbatasan kapasitas 3d printing, desain dibagi menjadi beberapa segmen. Hasil pengujian menunjukkan ada sedikit peningkatan *performance* dibanding kipas konvensional (140 mm fan CPU) (Demian, 2017).

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis desain *bladeless fan* pendingin ruangan dengan udara dingin terkompresi. Penelitian ini bertujuan mendapatkan efek *air multiplier* laju aliran udara input (*input flowrate*) terhadap laju aliran udara output (*input flowrate*) dan temperatur output dan mendapatkan kelipatan udara output (*multiple air flow*) secara eksperimen sebagai unjuk kerja (*performance*) model/prototipe *air multiplier*. Udara dingin yang mengalir melewati *bladeless fan* berasal dari tabung udara dingin bertekanan (Fahrudin et. al, 2019). Tabung udara dilengkapi elemen peltier sehingga udara didalam tabung selain bertekanan juga memiliki temperatur yang rendah. *Bladeless fan* ini membutuhkan udara dingin untuk menghasilkan udara untuk mendinginkan ruangan. (Ilham Kurniawan & Edi Septe.S, 2015). Untuk mendinginkan udara tabung dilengkapi dengan elemen *peltier*. Pendingin udara berbasis termoelektrik digunakan karena tidak membutuhkan fluida pendingin dan hanya membutuhkan daya yang kecil (Ibnu Hakim, et. al, 2015).

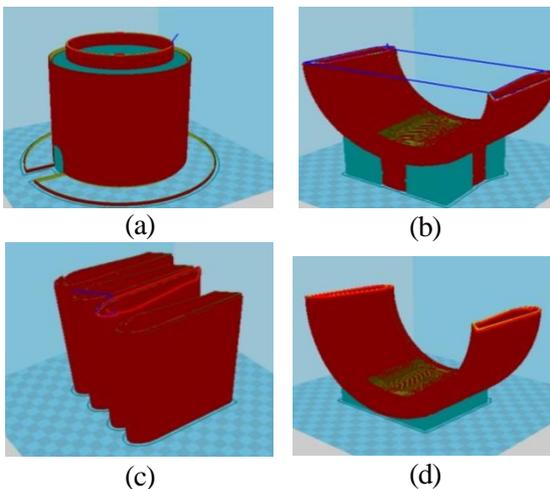
2. METODE PENELITIAN

Penelitian rancang bangun *bladeless fan* sebagai pendingin ruangan dengan udara dingin terkompresi mengikuti diagram alir seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pada penelitian ini digunakan *bladeless* hasil 3D printing. Karena keterbatasan kapasitas 3D printer (maksimum 25 cm) maka komponen *air multiplier* dibagi menjadi 4 bagian sesuai desain yang dibuat, yaitu: *base*, *low half*, *center*, *Upper*. pembagian *bladeless fan* pada proses 3D seperti terlihat pada Gambar 2.



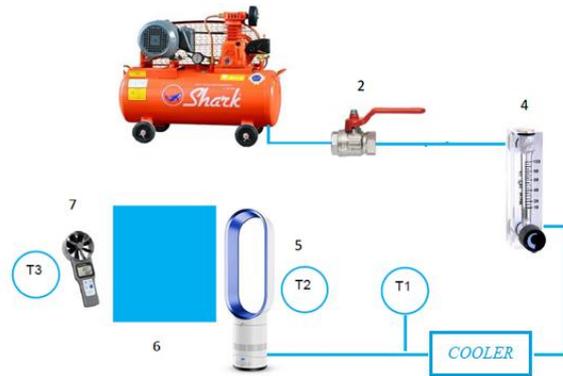
Gambar 2. Pembagian *bladeless* untuk proses 3D printing (a) *base* (b) *low half* (c) *center* (d) *upper*

Setelah selesai proses 3D printing, bagian-bagian dari *bladeless diassembly* seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Bladeless fan* hasil 3D printing

Proses pengujian dilakukan dengan mengalirkan udara dingin bertekanan dengan *set-up* peralatan seperti Gambar 4. Penelitian ini dilakukan di dalam ruangan tertutup dengan sumber udara *input* berasal dari udara *output*.



Gambar 4. Penyetelan peralatan

Data pengujian berupa *output flowrate* didapatkan dengan memvariasikan laju aliran *input* yang terukur dengan rotameter. Laju aliran *input* divariasikan mulai dari 20 L/s sampai dengan 70 L/s dengan kenaikan 5. Performa *bladeless fan* merupakan perbandingan laju aliran *output* dibagi dengan laju alira *input*. Tabel hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil pengujian

Pengujian Ke-	Input flow rate (L/s)	Output flow rate (L/s)	Luas wind tunnel (m ²)	Input		Ambient		Output		$\frac{\text{Output}}{\text{Input}}$
				Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)	
1	20	160	0.0975	26.1	45	37.3	25	24.2	56	8.0
2	25	216	0.0975	26.1	45	37.1	25	24.6	56	8.6
3	30	281	0.0975	25.9	45	37.1	25	24.6	56	9.4
4	35	346	0.0975	24	45	37.2	25	24.6	56	9.9
5	40	411	0.0975	22.2	48	37.1	25	25.4	64	10.3
6	45	476	0.0975	22.2	48	37.1	25	26.5	64	10.6
7	50	541	0.0975	21.3	48	36.9	25	26.5	64	10.8
8	55	606	0.0975	20.1	50	36.8	25	27.2	65	11.0
9	60	671	0.0975	19.5	50	36.9	25	27.4	65	11.2
10	70	801	0.0975	19.1	50	36.9	25	27.5	65	11.4

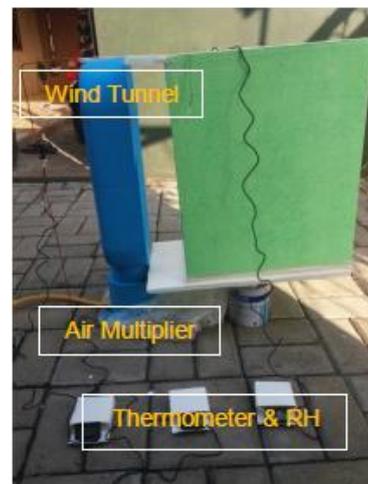
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian *bladeless fan* dilakukan untuk mendapatkan data *flow rate* input dan output untuk mengetahui seberapa besar kelipatan *volume flow rate* setelah melewati *bladeless fan*. set-up peralatan pengujian dan mengambil data seperti diperlihatkan pada Gambar 5a.

Data pengujian berupa *volume flow rate* input yang dicatat dari rotameter dengan mengatur *valve* nomor 2 dengan variasi: 20 – 70 m³/s dengan kenaikan 5 m³/s. Data *output* didapatkan dari pengukuran *flow rate* rata-rata *wind tunnel* dikalikan dengan luas penampang *wind tunnel*.



Gambar 5a. Foto pengujian



Gambar 5b. Foto pengujian

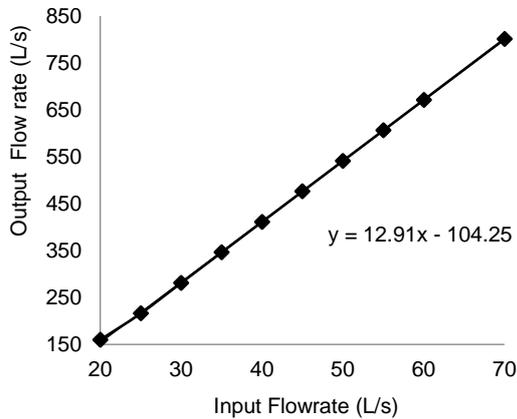


Gambar 5c. Foto pengujian

Pada Gambar 5b dan Gambar 5c adalah gambar pengujian untuk mengambil data suhu dan RH dengan cara meletakkan alat thermometer untuk mengambil data yang diinginkan.

3.1 Perbandingan input flowrate dan output flowrate

Dari Tabel 1 dapat diplot grafik perbandingan *input flowrate* terhadap *output flowrate* untuk mengetahui pengaruh variasi *input flowrate* terhadap *output flowrate* sebagai unjuk kerja dari *air multiplier*. Grafik perbandingan *Input flowrate* dan *output flowrate* terlihat pada Gambar 6.

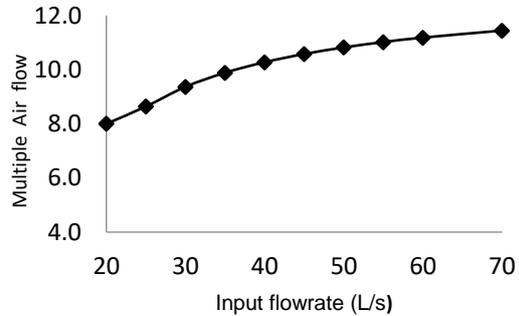


Gambar 6. Grafik perbandingan *input flowrate* dan *output flowrate*

Pada Gambar 6 terlihat grafik perbandingan *input* dan *output flowrate*. Grafik pengujian menunjukkan grafik linier dengan hubungan: ($Output = 12.91 \times Input - 104.25$). Semakin besar *input flowrate* semakin besar pula *output flowrate*. Rata-rata kelipatan (perbandingan *output* dengan *input*) *flow rate* dari sepuluh kali pengujian didapatkan sebesar 10.1 m³/s. Kelipatan terbesar terdapat pada input *volume flow rate* 70 L/s dengan menghasilkan *output flowrate* sebesar 801 L/s dengan sebesar kelipatan sebesar 11.4 m³/s. Kelipatan terkecil terdapat pada *input flowrate* 20 L/s dengan menghasilkan *output volume flowrate* sebesar 160 L/s dengan kelipatan *flowrate* sebesar 8.0 m³/s.

Kelipatan terbesar terdapat pada *input flowrate* 70 L/s yang didapatkan pada

pembukaan *valve* secara penuh untuk mendapatkan kecepatan aliran udara maksimal. Lebar celah *outlet* memiliki efek ekstrim dalam laju aliran udara keluar karena semakin kecil celah *outlet* semakin banyak kecepatan aliran yang keluar. Grafik pengaruh *input flowrate* terhadap kelipatan aliran udara (*multiple air flow*) terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik input pengaruh *flowrate* terhadap *multiple air flow*

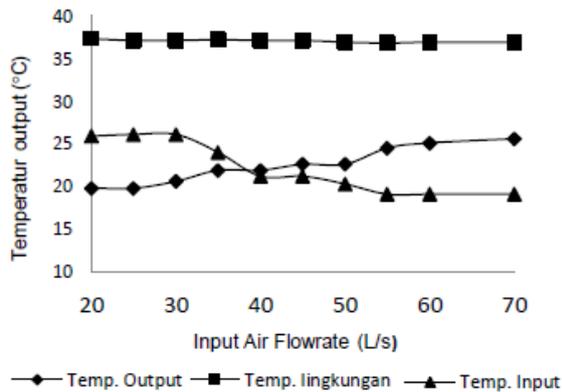
Pada Gambar 7 terlihat grafik *input* pengaruh *flowrate* terhadap *multiple air flow* yang telah didapatkan dari data pengujian hingga 10 kali data yang diambil dalam pengujian. Didapatkan data terendah untuk kelipatan *multiple air flow* 8.0 m³/s dengan laju aliran input sebesar 20 L/s dan memiliki *output flowrate* sebesar 160 L/s. Pada laju aliran yang tertinggi dengan *input flowrate* sebesar 70 L/s dengan aliran *output flowrate* sebesar 801 L/s mendapatkan kelipatan *multiple air flow* sebesar 11.4 m³/s.

3.2 Pengaruh air flowrate terhadap temperatur output

Dari Tabel 1 dapat diplot grafik pengaruh *air flowrate* terhadap *temperature output* untuk mengetahui pengaruh variasi input *air flowrate* terhadap *temperature output* sebagai unjuk kerja dari *air multiplier*. Grafik perbandingan *Input air flowrate* dan *temperature flowrate* terlihat pada Gambar 8.

Pada gambar 8 terlihat pengaruh *air flowrate* terhadap temperatur *input* dan *output*. Grafik menunjukkan bahwa semakin cepat *input air flowrate* maka akan semakin tinggi temperatur. Temperatur *output* tertinggi berada diangka 25.6°C dan memiliki *input air flowrate*

70 L/s. Data tersebut memiliki angka tertinggi karena ketika *air flowrate*-nya sangat cepat maka udara yang dialirkan kurang dingin. Ketika *input flowrate*-nya rendah maka udara yang dihasilkan akan lebih dingin seperti pada data *input air flowrate* terendah yaitu pada angka 20 L/s. Oleh karena itu, didapatkan *temperature output* yang rendah pada angka 19.8 °C.

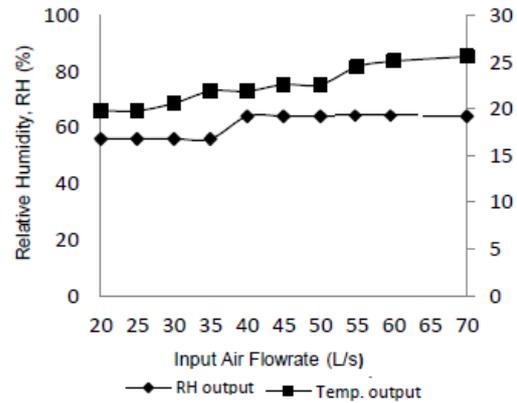


Gambar 8. Grafik pengaruh *air flowrate* terhadap *temperatur input* dan *output*

3.3 Pengaruh *air flowrate* terhadap RH output

Dari Tabel 1 dapat diplot grafik pengaruh *input air flowrate* terhadap RH output untuk mengetahui pengaruh variasi *input air flowrate* terhadap RH sebagai unjuk kerja dari *air multiplier*. Grafik pengaruh *air flowrate* terhadap RH output terlihat pada Gambar 9.

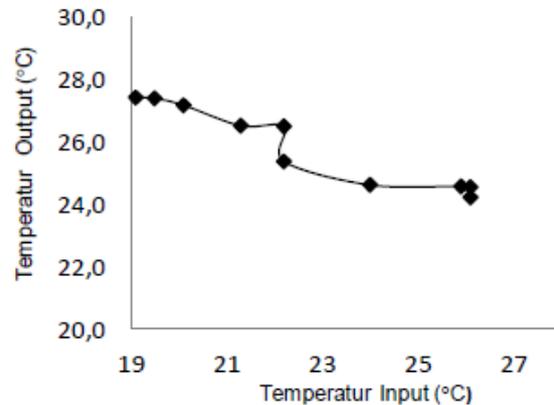
Pada Gambar 9, grafik hasil pengujian menunjukkan ketika input *air flowrate* berada diangka 70 L/s maka RH nya berada di angka 50 %. Angka tersebut didapatkan pada alat termometer digital yang dapat mengetahui kelembapan pada *air flowrate*. Selanjutnya, *input air flowrate* terendah didapatkan angka sebesar 20 L/s dan RH nya didapatkan sebesar 45 %.



Gambar 9. Grafik pengaruh *air flowrate* terhadap RH output

3.4 Pengaruh *air flowrate* terhadap RH output

Dari Tabel 1 dapat diplot grafik pengaruh temperatur *input* terhadap *output* untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur *input* terhadap *output* sebagai unjuk kerja dari *air multiplier*. Grafik pengaruh temperatur *input* terhadap *output* terlihat pada Gambar 10.

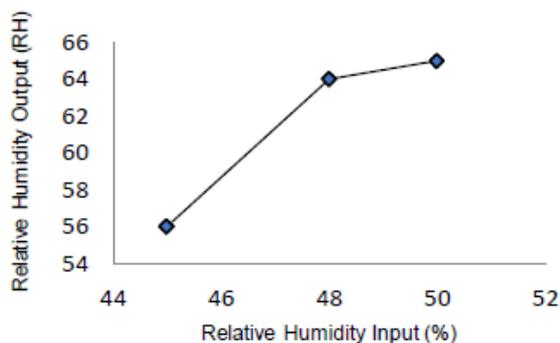


Gambar 10. Grafik pengaruh temperatur *input* terhadap RH output

Pada Gambar 10, grafik hasil pengujian menunjukkan bahwa pada temperatur *input* tertinggi berada di angka 26.1 °C maka didapatkan temperatur *output*-nya 24.24 °C. Temperatur input terendah yaitu sebesar 19.1 °C dengan temperatur *output* 27.5 °C. Temperatur *input* dan *output* dipengaruhi oleh laju aliran udara. Laju aliran udara yang lambat menghasilkan temperatur *input* yang rendah. Laju aliran udara yang lambat menyebabkan udara memiliki waktu yang cukup untuk melepas panas di dalam *cooler*. Aliran udara *input* yang tinggi mengakibatkan *volume* aliran udara sekitar yang melewati *air multiplier* semakin banyak sehingga temperatur *output* menjadi naik.

3.5 *Relative Humidity Input vs Relative Humidity output*

Dari Tabel 1 dapat diplot grafik *relative humidity input vs relative humidity output* untuk mengetahui pengaruh variasi RH *input* terhadap RH *output* sebagai unjuk kerja dari *air multiplier*. Grafik *relative humidity input vs relative humidity output* terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. *Relative humidity input vs relative humidity output*

Grafik Gambar 11 menunjukkan bahwa RH *output* tertinggi berada diangka 65 % dan didapatkan *input* RH sebesar 50 % dengan laju aliran *input flowrate* berada diangka 70 L/s dan *output flowrate* berada di angka 801 L/s. Rh *input* terendah berada di angka 45 % dengan RH *output* terendahnya berada di angka 56 % dengan laju aliran *input flowrate* berada di angka 20 L/s dan laju aliran *output flowrate* berada di angka 160 L/s.

4 KESIMPULAN

Hasil penelitian unjuk kerja *bladeless fan* dengan dimensi lebar 20 cm dan tinggi 60 cm dengan penampang *airfoil* NACA 0012 menunjukkan *flowrate output* meningkat seiring dengan meningkatnya *flowrate input*. *Flowrate output* terkecil sebesar 160 L/s dengan temperatur 24.20 °C. *Flowrate output* terbesar yaitu 801 L/s dengan temperatur 19.1 °C.

Kelipatan aliran udara (*multiple airflow*) terbesar yaitu 11.4 m³/s pada laju aliran udara dengan *input* 70 L/s dan menghasilkan laju aliran udara 801 L/s. Kelipatan aliran udara terendah yaitu 8.0 m³/s pada laju aliran udara *input* 20 L/s dengan menghasilkan laju aliran udara *output* 160 L/s. Rata-rata kelipatan aliran udara adalah 10.1 m³/s.

Penelitian ini dilakukan di dalam ruangan tertutup dengan sumber udara *input* berasal dari udara *output*. Studi lebih lanjut dapat dibandingkan antara hasil ruangan tertutup dan terbuka.

REFERENSI

- Cong, R. (2002). Bladeless Fan Baffles Onlookers.
- Demian, G. (2017). *Design and Implementation of an Air Multiplier Fan for PC*.
- Fahrudin, A., Waluyo, R., & Rahmat, M. (2019). Rancang Bangun Tabung Udara Dingin Terkompresi dengan Tekanan 5 Bar. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 4(2), 175–183.
- HongLi, Hai-shunDeng, Y. (2016). Numerical and experimental research on the outlet flow field for the air multiplier. *Applied Thermal Engineering*, 93, 652–659.
- Ibnu Hakim, Imansyah and Rizka Husniawan, A. (2015). *Studi Awal Unjuk Kerja Pendingin Udara (air cooler) Berbasis Termoelektrik pada Air Duct Sepeda Motor Tipe Skutik*.
- Ilham Kurniawan, Edi Septe.S, I. S. (2015). Perencanaan Bejana Tekan (perssure Vessel) tipe Separator Untuk Fluida Gas. *Ejournal Bunghatta*, 6(2).
- Jafari, M., Afshin, H., Farhanieh, B., & Bozorgasareh, H. (2015). Numerical Aerodynamic Evaluation and Noise Investigation of a Bladeless Fan. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 8(1), 133–143.
- li chunxi, wang song, Ling, jia yakui. (2011). The performance of a centrifugal fan with enlarged impeller. *Energy Conversion and Management*, 52(8–9), 2902–2910.
- Peng-cheng, Z., Xiao-rui, D., Qiang, W., & Shi, Y.-C. (2016). Design and Research on Engine Cooling Fan Based on Bladeless Fan. *Journal of North University of China (Natural Science Edition)*, 5(9).
- Yaling Ye, Xiaoyong Peng, Jingjing Liang, Z. F. (2016). Numerical Analysis of Inducing Airflow Characteristics on the Airfoil Model Based Coanda Effect. *Measurement and Intelligent Materials. Atlantis Press*, (2015).